

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-051694

(43)Date of publication of application : 26.02.1999

(51)Int.Cl.

G01D 5/245

G01D 5/245

G01P 3/488

(21)Application number : 09-212038

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 06.08.1997

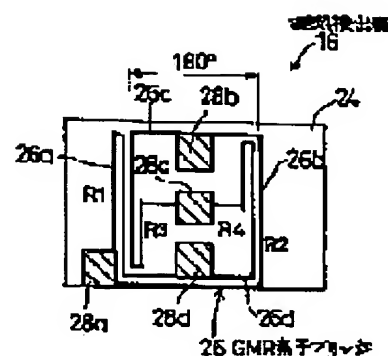
(72)Inventor : MURATA TAKAHITO

(54) REVOLUTIONS-SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the output of a revolutions-sensor comprising a magnetic detector having a bridge circuit of GMR elements.

SOLUTION: A magnetic detector 16 comprises an insulating board 24 formed, on the surface thereof, with a bridge 26 of GMR elements. The bridge 26 comprises first through fourth GMR elements 26a-26d forming a bridge circuit. The facing pairs of first and third GMR elements 26a, 26c, and second and fourth GMR elements 26b, 26d are arranged at same positions with respect to the rotational direction of a sensor rotor 12 while being spaced apart by a distance corresponding to one half of the pitch at the tooth part 13 of the sensor rotor 12.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3186656

[Date of registration] 11.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The field indicator which comes to constitute a bridge circuit by the magnetic sensing element which shows the resistance change according to change of a magnetic field which acts. The magnet made to generate a magnetic field. The sensor rotor to which the magnetic field which rotates synchronizing with body of revolution and acts on the aforementioned field indicator to the angle of rotation is changed with a predetermined period. It is the rotational frequency sensor equipped with the above, and is characterized by having arranged to the homotopic one pair of the magnetic sensing element which counters mutually [the aforementioned bridge circuit] about the hand of cut of the aforementioned sensor rotor.

[Claim 2] a rotational frequency sensor according to claim 1 — setting — the pair of another side of a magnetic sensing element — the hand of cut of the aforementioned sensor rotor — being related — a homotopic — and the rotational frequency sensor characterized by having made only the distance which is equivalent to the hand of cut of the aforementioned sensor rotor at the half of the aforementioned predetermined period estrange, and having arranged from aforementioned one pair

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a rotational frequency sensor, and relates to a magnetic formula rotational frequency sensor equipped with the magnetic sensing element which detects change of the magnetic field accompanying rotation of a sensor rotor especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] The magnetic formula rotational frequency sensor conventionally indicated by Japanese Patent Application No. No. 254466 [60 to] is well-known. This rotational frequency sensor is equipped with the sensor rotor, the field indicator, and the magnet. The field indicator is arranged so that it may counter with the peripheral face of a sensor rotor. The magnet is arranged so that a field indicator may be separated and the peripheral face of a sensor rotor may be countered. Moreover, the tooth part formed in the hoop direction in the fixed pitch is prepared in the peripheral face of a sensor rotor. Therefore, rotation of a sensor rotor changes the size of the magnetic field which acts on a field indicator according to rotation of a sensor rotor by the state where the field indicator countered the tooth part of a sensor rotor, and the state where a field indicator does not counter a tooth part being formed by turns.

[0003] In the above-mentioned conventional magnetic formula rotational frequency sensor, the field indicator has the bridge circuit which consisted of four magnetic resistance elements. The magnetic resistance element is arranged at the predetermined intervals in the hand of cut of a sensor rotor. Therefore, if the magnetic field which acts on a field indicator according to rotation of a sensor rotor changes, the resistance of each magnetic resistance element which constitutes a bridge circuit will change, and the output voltage of a bridge circuit will change according to the resistance change. Therefore, according to the above-mentioned conventional magnetic formula rotational frequency sensor, based on the output voltage of a bridge circuit, the rotational frequency of a sensor rotor is detectable.

[0004] By the way, the magnetic resistance element has the property in which the resistance changes depending on temperature. On the other hand, in the above-mentioned conventional magnetic formula rotational frequency sensor, since the bridge circuit is constituted by the magnetic resistance element, when the resistance of each magnetic resistance element changes at a fixed rate according to a temperature change, the output voltage does not change. Thus, the above-mentioned conventional magnetic formula rotational frequency sensor is constituting a bridge circuit by the magnetic resistance element, and can compensate resistance change of the magnetic resistance element depending on the temperature change.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the above-mentioned conventional magnetic formula rotational frequency sensor, in order to detect the rotational frequency of a sensor rotor with high precision, the one where the output voltage of a bridge circuit is larger is desirable. The output voltage of a bridge circuit changes according to the phase relation of resistance change of each magnetic resistance element. Therefore, in order to attain the high increase in power of a sensor, it is required to set up arrangement of a magnetic resistance element appropriately. However, in the above-mentioned conventional rotational frequency sensor, it is not taken into consideration at all about attaining the high increase in power of a sensor.

[0006] this invention is made in view of an above-mentioned point, and it aims at offering the rotational frequency sensor which can obtain a big output signal.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The field indicator which comes to constitute a bridge circuit by the magnetic sensing element which shows the resistance change according to change of a magnetic field which acts so that the above-mentioned purpose may be indicated to a claim 1, In a rotational frequency sensor equipped with the magnet made to generate a magnetic field and the sensor rotor to which the magnetic field which rotates synchronizing with body of revolution and acts on the aforementioned field indicator to the angle of rotation is changed with a predetermined period It is attained by the rotational frequency sensor which has arranged to the homotopic one pair of the magnetic sensing element which counters mutually [the aforementioned bridge circuit] about the hand of cut of the aforementioned sensor rotor.

[0008] In this invention, one group of the magnetic sensing element which counters mutually in a bridge circuit is arranged about the hand of cut of a sensor rotor at a homotopic. Therefore, the magnetic field which acts on one pair of a magnetic sensing element is mutually in phase, and changes. The resistance of a magnetic sensing element changes according to the magnetic field which acts. Therefore, one of a pair of resistance r1 and r2 of a magnetic sensing element is mutually in phase, and changes. If both the resistance of the element which counters generally increases in a bridge circuit, one potential of an output terminal will fall and the potential of another side will rise. Therefore, according to this invention, big output voltage is outputted from a bridge circuit by the resistance r1 and r2 of the magnetic sensing element which counters mutually being in phase, and changing.

[0009] moreover, the above-mentioned purpose is indicated to a claim 2 — as — a rotational frequency sensor according to claim 1 — setting — the pair of another side of a magnetic sensing element — the hand of cut of the aforementioned sensor rotor — being related — a homotopic — and it is more effectively attained by the rotational frequency sensor which was made to estrange only the distance which is equivalent to the hand of cut of the aforementioned sensor rotor at the half of the aforementioned predetermined period, and has arranged from aforementioned one pair

[0010] this invention — setting — the pair of another side of a magnetic sensing element — the hand of cut of the

aforementioned sensor rotor — being related — a homotopic — and from aforementioned one pair, only the distance which is equivalent to the hand of cut of the aforementioned sensor rotor at the half of the aforementioned predetermined period is made to estrange, and it is arranged Therefore, a pair of resistance r3 and r4 of another side of the magnetic sensing element which counters mutually changes by the opposite phase in phase mutually in a pair of resistance r1 and r2 of another side. For this reason, according to this invention, the output voltage of a bridge circuit increases further.

[0011]

[Embodiments of the Invention] Drawing 1 is the block diagram of the rotational frequency sensor 10 which is one example of this invention. As shown in drawing 1, the rotational frequency sensor 10 is equipped with the sensor rotor 12. The sensor rotor 12 is the member of the shape of a disk which consisted of soft magnetic materials. The tooth part 13 is formed in the periphery of the sensor rotor 12 in the predetermined pitch P.

[0012] The rotational frequency sensor 10 is equipped with the detecting element 14 again. The detecting element 14 is equipped with the field indicator 16. The field indicator 16 is attached in the end face of the maintenance block 18. On the insulating substrate, patterning of the GMR thin film is carried out to a predetermined pattern, and the field indicator 16 is constituted so that it may mention later. The detecting element 14 is arranged so that a field indicator 16 may separate the peripheral face of the sensor rotor 12, and a predetermined crevice and may counter. In addition, the thickness of the sensor rotor 12 is prepared so that it may become larger than the width of face of the space perpendicular direction in drawing 1 of a field indicator 16. Therefore, the field indicator 16 has countered with the peripheral face of the sensor rotor 12 on the whole surface.

[0013] The detecting element 14 is further equipped with the bias magnet 20. The bias magnet 20 is attached in the interior of the maintenance block 18 so that a field indicator 16 may be separated and it may counter with the peripheral face of the sensor rotor 12. In addition, the bias magnet 20 is arranged so that only the specified quantity may be offset from the center position of a field indicator 16 to the hand of cut of the sensor rotor 12 so that it may mention later. Polarization of the bias magnet 20 is carried out to the retrose so that a side with the side far from N pole and the sensor rotor 12 near the sensor rotor 12 may serve as the south pole.

[0014] The drawing 1 Nakagami side of the maintenance block 18 is equipped with the digital disposal circuit 22. A digital disposal circuit 22 performs predetermined signal processing to the signal outputted from a field indicator 16, and outputs the result to it as a sensor output signal from a connector 23. Next, the composition of a field indicator 16 is explained with reference to drawing 2. Drawing 2 is the block diagram of a field indicator 16. In addition, a field indicator 16 is installed so that the longitudinal direction in drawing 2 may be in agreement with the tangential direction of the sensor rotor 12. As shown in drawing 2, the field indicator 16 is equipped with the insulating substrate 24 formed in the shape of a rectangle. The GMR element bridge 26 is formed in the front face of an insulating substrate 24. The GMR element bridge 26 is formed by carrying out patterning of the GMR thin film formed by the front face of an insulating substrate 24 by photo lithography.

[0015] A GMR thin film is a thin film which comes to carry out the laminating of a ferromagnetic layer and the non-magnetic layer by turns. As a combination of the material which constitutes this ferromagnetic layer and non-magnetic layer, cobalt (Co) / copper (Cu), and the combination of chromium (Cr) / iron (Fe) can be used, for example. The GMR thin film of this composition has the property that the resistance changes a lot, according to the size (the horizontal component of a magnetic field is called hereafter) of the magnetic field which acts in parallel to the front face. Drawing 3 has illustrated the relation with the resistance R per unit area of the magnetic field H and GMR thin film which act on a GMR thin film. As shown in drawing 3, the resistance R per unit area of a GMR thin film decreases according to the increase in the absolute value of a magnetic field H. In addition, it does not depend for the resistance of a GMR thin film on the sense of the magnetic field in a field parallel to the front face.

[0016] The magnetic field to which the GMR element bridge 26 acts on a field indicator 16 with consisting of GMR thin films which have this property based on resistance change of the GMR element bridge 26 is detectable. The GMR element bridge 26 is equipped with four GMR elements of 1st GMR element 26a formed in the narrow band-like pattern — the 26d of the 2nd GMR elements, and four electrodes 28a–28d again with reference to drawing 2. Electrode 28a is prepared in the lower left edge in drawing 2 of an insulating substrate 24. Moreover, Electrodes 28b–28d are arranged in the vertical-among drawing direction by the method of the right in drawing 2 of electrode 28a at predetermined distance partition *****.

[0017] 1st GMR element 26a was prolonged upward from electrode 28a, was turned up downward in the upper-limit section of an insulating substrate 24, was crooked to the method of the right [near the soffit section], and has reached 28d of electrodes. After crooking them upward after the 26d of the 4th GMR elements is prolonged from 28d of electrodes to the method of the right, and turning them up downward near the upper-limit section of an insulating substrate 24, they were crooked to the left and have reached electrode 28c.

[0018] After it is prolonged from electrode 28c to a left, 3rd GMR element 26c is crooked downward in the position which adjoins 1st GMR element 26a, is turned up upward near the soffit section of an insulating substrate 24, further, was crooked in the method of the right near the upper-limit section of an insulating substrate 24, and has reached electrode 28b. After 2nd GMR element 26b is crooked downward in the position which adjoins exceeding the 26d of the 4th GMR elements after being prolonged from electrode 28b to the method of the right and reaches the soffit section of an insulating substrate 24, it was crooked to the left and has reached electrode 28a.

[0019] Like ****, 1st GMR element 26a, 3rd GMR element 26c, and 2nd GMR element 26b and the 26d of the 4th GMR elements adjoin mutually, respectively, and are arranged. the [moreover, / 2nd GMR element 26b and] — 26d of 4GMR elements — the [1st GMR element 26a and] — it is arranged in the position which estranged only the distance which is equivalent to the method of the right in drawing 2 at the half of the pitch P of the tooth part 13 of the sensor rotor 12 from 3GMR element 26c

[0020] 1st GMR element 26a, the 26d of the 4th GMR elements, 3rd GMR element 26c, and 2nd GMR element 26b are this order, and it connects mutually through Electrodes 28d, 28b, 28c, and 28a, and they constitute the bridge circuit from the 26d of the 1st GMR element 26a — 4th GMR elements and Electrodes 28a–28d being formed like ****, respectively. In addition, the resistance of 3rd GMR element 26c shall be expressed with R3, and R4 shall express [the resistance of following and 1st GMR element 26a] the resistance of the 26d of the 4th GMR elements for the resistance of 2nd GMR element 26b by R1 R2, respectively. In addition, the 26d of the 1st GMR element 26a — 4th GMR elements is in the state where a magnetic field does not act, and they are constituted so that resistance R1–R4 may become equal mutually.

[0021] Drawing 4 shows the circuit diagram of the bridge circuit which the GMR element bridge 26 constitutes. As shown in drawing 4, a constant voltage E is given among the groups 28b and 28d of the electrode pad which counters mutually, and the potential difference V between the groups 28a and 28c of another side of an electrode pad is outputted towards a digital disposal circuit 22 as output voltage of a field indicator 16. Resistance R1-R4 and a constant voltage E can express output voltage V by the following formula.

[0022]

$$V=E-(R2/(R1+R2)-R3/(R3+R4)) \quad (1)$$

The amplitude of output voltage V can be increased because the term of another side decreases when it is in phase, the resistance R1 and R3 (or R2 and R4) of the element which counters mutually was changed and one term of the right-hand side increases, as shown in a formula (1). By the way, like ****, a field indicator 16 is arranged so that the longitudinal direction in drawing 2 may be in agreement with the tangential direction of the sensor rotor 12, i.e., a hand of cut. Therefore, as for the 26d of the 1st GMR element 26a - 4th GMR elements, the principal part will be perpendicularly arranged to the hand of cut of the sensor rotor 12. For this reason, if the sensor rotor 12 rotates, the tooth part 13 will move so that the transverse plane of the 26d of the 1st GMR element 26a - 4th GMR elements may be crossed, and the magnetic field which acts on the 26d of the 1st GMR element 26a - 4th GMR elements will change in connection with this.

[0023] Hereafter, with reference to drawing 5 or drawing 8, the change of a magnetic field according to the angle of rotation of the sensor rotor 12 which acts on the GMR element 26 is explained. In addition, in the following publications, the angle of rotation of the sensor rotor 12 which should express with the phase angle which makes 360 degrees the case where only the angle at which the sensor rotor 12 is equivalent to the pitch P of a tooth part 13 rotates the angle of rotation of the sensor rotor 12, and was expressed with the phase angle is called the rotation phase angle theta of the sensor rotor 12.

[0024] As shown in drawing 5 or drawing 8, the magnetic flux which the bias magnet 20 emits is led to the tooth part 13 of the sensor rotor 12. it is shown in these drawings — as — the bias magnet 20 — the [the center of the GMR sensor bridge 26, i.e., 1st GMR sensor element 26a, and] — it is arranged so that it may offset from 3GMR element 26c to the hand of cut of the sensor rotor 12. For this reason, in the state which shows in drawing 5, magnetic-flux 21b led to a tooth part 13 from the bias magnet 20 GMR [2nd] element 26b Reached, and passed the 26d of the 4th GMR elements, and magnetic-flux 21a led to tooth part 13a from the bias magnet 20 GMR [1st] element 26a Reached, and has passed 3rd GMR element 26c. In addition, in the rotation position of the sensor rotor 12 shown in drawing 5, the horizontal component of a magnetic field which GMR [2nd] element 26b Reaches and acts on the 26d of the 4th GMR elements, and the horizontal component of a magnetic field which GMR [1st] element 26a Reaches and acts on 3rd GMR element 26c consider as an equal, and calls this rotation position a criteria position hereafter. Therefore, in the criteria position shown in drawing 5, the resistance R1-R4 of the 26d of the 1st GMR element 26a - 4th GMR elements is mutually equal.

[0025] If the sensor rotor 12 rotates only the phase angle of 90 degrees rightward in drawing from the criteria position shown in drawing 5, as shown in drawing 6, the state where the core of magnetic-flux 21b GMR [2nd] element 26b Reaches, pass the 26d of the 4th GMR elements, magnetic-flux 21a GMR [1st] element 26a Reaches, and 3rd GMR element 26c is not passed will be formed. In this state, by the maximum and the bird clapper, these resistance R2 and R4 serves as the minimum, the horizontal component of a magnetic field which GMR [1st] element 26a Reaches and acts on 3rd GMR element 26c on the other hand is with a bird clapper at the minimum (almost zero), and, as for these resistance R1 and R3, the horizontal component of a magnetic field which GMR [2nd] element 26b Reaches and acts on the 26d of the 4th GMR elements serves as the maximum.

[0026] From the state which shows in drawing 6, further, if the sensor rotor 12 rotates only the phase angle of 90 degrees rightward in drawing (i.e., if only the phase angle of 135 degrees is rotated from a criteria position), as shown in drawing 7, it GMR [2nd] element 26b Reaches, and with the 26d of the 4th GMR elements, the periphery of magnetic-flux 21b will GMR [1st] element 26a Reach, and will come to act on 3rd GMR element 26c equally. The horizontal component of a magnetic field which GMR [2nd] element 26b Reaches and acts on the 26d of the 4th GMR elements in this state, and the horizontal component of a magnetic field which GMR [1st] element 26a Reaches and acts on 3rd GMR element 26c are mutually equal, therefore resistance R1-R4 is mutually equal.

[0027] Further, if the sensor rotor 12 rotates only the phase angle of 90 degrees rightward in drawing (i.e., if only the phase angle of 180 degrees is rotated from the state shown in drawing 6), it will be in the state which shows in drawing 8 from the state which shows in drawing 7. Like ****, it GMR [2nd] element 26b Reaches, and is arranged with the 26d of the 4th GMR elements in the position where it GMR [1st] element 26a Reaches, and 3rd GMR element 26c estranges only the half of the pitch P of the tooth part 13 of the sensor rotor 12. For this reason, in the state which shows in drawing 8, while the horizontal component of a magnetic field which GMR [1st] element 26a Reaches and acts on 3rd GMR element 26c contrary to the state which shows in drawing 6 serves as the maximum, the horizontal component of a magnetic field which GMR [2nd] element 26b Reaches and acts on the 26d of the 3rd GMR elements serves as the minimum. Therefore, resistance R2 and R4 serves as the maximum, and resistance R1 and R3 serves as the minimum.

[0028] And if the sensor rotor 12 rotates only the phase angle of 45 degrees rightward in drawing further from the state which shows in drawing 8, the same state as drawing 5 will be formed again, and resistance R1-R4 will become equal mutually. Thus, the resistance R1-R4 of the 26d of the 1st GMR element 26a - 4th GMR elements will repeat increase and decrease periodically in connection with the sensor rotor 12. Drawing 9 shows the relation of the (a) resistance R1-R4 to the angle-of-rotation phase angle theta of the sensor rotor 12, and the output voltage V called for from the (b) above-mentioned (1) formula. In addition, in drawing 9, the rate of change of resistance R1-R4 shall be a maximum of 10%, and output voltage V shows the value in case the constant voltage E supplied to the GMR element bridge 26 is 2V.

[0029] As shown in drawing 9, resistance R1 and R3 and resistance R2 and R4 are in the state from which 180 degrees of phases shifted mutually, and it is changing with the period of 360 degrees to the rotation phase angle theta of the sensor rotor 12. According to this change of R1-R4, as output voltage V is shown in drawing 9 (b), it changes in a cycle of 360 degree to the rotation phase angle theta of the sensor rotor 12, and the amplitude serves as about 200 mVpp(s). Therefore, this output voltage V can be made binary by the digital disposal circuit 22, for example, it can change into a pulse signal, and the rotational frequency of the sensor rotor 12 can be detected by carrying out counting of the pulse number.

[0030] Like ****, in this example, it is the resistance R1 and R3 of 1st GMR element 26a which counters mutually, and 3rd GMR element 26c, and the resistance R2 and R4 of 2nd GMR element 26b and the 26d of the 4th GMR elements being in phase respectively, and changing, and as explained with reference to the above-mentioned (1) formula, it is possible to obtain the output voltage V of a big amplitude. Furthermore, when resistance R2 and resistance R3 change by the opposite phase mutually, the difference of each term of (1) formula left part increases, and much more increase of output voltage V is realized.

[0031] the [thus, / 1st GMR element 26a which counters mutually in a bridge circuit in this example, and] — the [the group of 3GMR element 26c, and / 2nd GMR element 26b and] — it is that only the distance in which the group of 26d of 4GMR elements is equivalent to the half of the pitch P of the tooth part 13 of the sensor rotor 12 is estranged, and the high increase in power of a field indicator 16 is attained. Therefore, according to the rotational frequency sensor 10 of this example, it becomes possible to attain simplification of the digital disposal circuit 22 which processes the output signal of a field indicator 16, and low-cost-ization of a system can be realized.

[0032] In addition, like ****, the 26d of the 1st GMR element 26a – 4th GMR elements is in the state where a magnetic field does not act, it is constituted so that resistance's R1–R4 may become equal mutually, and offset of output voltage V in the state where a magnetic field does not act on a field indicator 16 is suppressed small. By the way, generally the resistance of a GMR thin film changes at a rate according to the temperature change. That is, when the resistance of the GMR thin film in a certain reference temperature is set to R, the resistance R_t when only Δt goes up from this reference temperature is $R_t = (1 + \alpha \Delta t) \cdot R$. (2)

It is come out and expressed. Here, α is the temperature-change coefficient of the resistance of a GMR thin film.

[0033] Therefore, when the temperature of the GMR element 26 rises only in Δt , resistance R1–R4 will change twice, respectively $(1 + \alpha \Delta t)$. However, as shown in a formula (1), the output voltage V of a field indicator 16 is expressed as a ratio of resistance R1–R4. For this reason, when the same temperature change arises for the 26d of the 1st GMR element 26a – 2nd GMR elements, resistance R1–R4 does not produce change in output voltage V by changing at an equal rate. Thus, in this example, when the 26d of the 1st GMR element 26a – 4th GMR elements constitutes the bridge circuit, change depending on the temperature of resistance R1–R4 is compensated.

[0034] In addition, in this example, it is only arranging the electrode pads 28a–28d to the connection of the 26d of the 1st GMR element 26a – 4th GMR elements, and the above-mentioned bridge circuit is realized and it is unnecessary to prepare the wiring section separately. For this reason, it is possible for a multilayer interconnection not to constitute a field indicator 16 and to reduce the manufacturing cost of a field indicator 16. Moreover, by a multilayer interconnection being made unnecessary, a protective coat is formed in the front face of a field indicator 16, and it is supposed by preparing a contact hole in the part corresponding to Electrodes 28a–28d that it is possible to perform electrical installation to the GMR bridge 26 easily for example, by face down mounting etc.

[0035] Next, the 2nd example of this invention is explained. The rotational frequency sensor of this example is realized by replacing with a field indicator 16 and using a field indicator 50 in the rotational frequency sensor 10 of the 1st example of the above. Drawing 10 is the block diagram of the field indicator 50 with which the rotational frequency sensor of this example is equipped. The field indicator 50 of this example is equipped with the insulating substrate 52 and the GMR element bridge 54 formed in the front face of an insulating substrate 52 like the field indicator 16 of the 1st example of the above. The GMR element bridge 54 consists of the 1st – 4th GMR elements 54a–54d, and electrodes 56a–56d. In addition, also in this example, a field indicator 50 is installed so that the longitudinal direction in drawing 10 may be in agreement with the hand of cut of the sensor rotor 12.

[0036] Electrodes 56a–56d are formed in the upper right corner, the upper left corner, lower left corner, and lower right corner of an insulating substrate 52, respectively. 1st GMR element 54a extended in the vertical direction in drawing 10, and has connected 56d of electrodes with electrode 56a. Moreover, 3rd GMR element 54c extended the position which estranged only the distance which is equivalent to the left in drawing from 1st GMR element 54a at the half (phase angle of 180 degrees) of Pitch P in the vertical direction in drawing 10, and has connected electrode 56b and electrode 56c.

[0037] After 2nd GMR element 54b is the position which estranged only the distance which is prolonged from electrode 56a to the left in drawing, and is equivalent to the quadrant (phase angle of 90 degrees) of Pitch P from 1st GMR element 56a, is crooked and is prolonged below, and turning it up near the soffit section of an insulating substrate 52 and prolonging it up, it was crooked to the left and has reached electrode 56b. After being prolonged from 56d of electrodes to the left in drawing, prolonging the 54d of the 4th GMR elements up, turning them up near the upper-limit section of an insulating substrate 52 and prolonging them below, being crooked in the position which estranged only the distance which is equivalent to the quadrant (phase angle of 90 degrees) of Pitch P from 1st GMR element 56a, and adjoining 2nd GMR element 54b, they were crooked to the left and have reached electrode 56c. Also in this example, if the resistance of the 54d of the 1st GMR element 54a – 4th GMR elements is set to R1–R4, respectively, the same bridge circuit as drawing 4 will be constituted, and the potential difference between electrode 56a and 56c will be outputted as output voltage V of the magnetic sensing element 50 by giving a constant voltage E between 56d of electrodes, and 56b.

[0038] Like ****, in this example, it GMR [2nd] element 54b Reaches, and 4th GMR element 54c is arranged about the hand of cut of the sensor rotor 12 at the homotopic. For this reason, with rotation of the sensor rotor 12, the horizontal component of a magnetic field which GMR [2nd] element 54b Reaches and acts on the 54d of the 4th GMR elements is in phase, and changes. On the other hand, it GMR [1st] element 54a Reaches, and 3rd GMR element 54c GMR [2nd] element 54b Reaches, to the 54d of the 4th GMR elements, it estranges only 90 degrees only of phase distance on right-and-left both sides in drawing 10, and is arranged at them, respectively. The sensor rotor 12 therefore, when it rotates from the left-hand side in drawing 10 to right-hand side, for example, the horizontal component of a magnetic field which acts on 1st GMR element 54a GMR [2nd] element 54b the horizontal component of a magnetic field which changes after 90 degrees of phases have been overdue to the horizontal component of a magnetic field which reaches and acts on the 54d of the 4th GMR elements, and acts on 3rd GMR element 54b It changes, after 90 degrees of phases have progressed to the horizontal component of a magnetic field which GMR [2nd] element 54b Reaches and acts on the 54d of the 4th GMR elements.

[0039] Drawing 11 shows the relation of the (a) resistance R1–R4 to the rotation phase angle of the sensor rotor 12 in this example, and the (b) output voltage V about the case of the same conditions as drawing 9. It follows on the magnetic field which acts on the 54d of the 1st GMR element 54a – 4th GMR elements changing by the phase relation like ****. As shown in drawing 11 (a), resistance R2 and R4 is in phase, and it changes, resistance R1 is in the state

which was in 90 degrees of phases to resistance R2 and R4, and resistance R3 is changing, respectively, after 90 degrees of phases have progressed to resistance R2 and R4. And according to change of this resistance, as shown in drawing 11 (b), to the phase angle of rotation θ of the sensor rotor 12, output voltage V is a period of 360 degree, and is changing with the amplitude of about 120 mVpp(s).

[0040] It is desirable for it to be in phase and to change the resistance of the element which counters mutually, when increasing the output voltage of a bridge circuit generally like ****. According to this example, it will GMR [2nd] element 54b Reach, and improvement in output voltage V will be achieved by the thing which counter mutually and which the resistance R2 and R4 of the 54d of the 4th GMR elements is in phase, and is changed. In this example, the pattern of the GMR element bridge 54 is what was rich in symmetric property as compared with the pattern of the GMR element bridge 26 of the 1st example of the above. For this reason, it is easy to set up the balance of 1st GMR elements [which constitute the GMR element bridge 54 / 54a-54d] resistance good, and the small good output voltage V of offset can be obtained.

[0041] Moreover, also in the rotational frequency sensor of this example, the above-mentioned bridge circuit is realized like the rotational frequency sensor 10 of the 1st example of the above by forming Electrodes 56a-56d between the 54d of the 1st GMR element 54a - 4th GMR elements. That is, also in this example, it is unnecessary to perform a multilayer interconnection and it is supposed by forming a protective coat and a contact hole that it is possible to perform electrical installation to a field indicator 50 simply.

[0042] In addition, in the above 1st and the 2nd example, although it is arranging the bias magnet 20 behind field indicators 16 and 50, and constituting the sensor rotor 12 from soft magnetic materials and being carried out to changing the magnetic field which acts on field indicators 16 and 50 according to rotation of the sensor rotor 20, it is good also as preparing a magnet in the periphery section of not only this composition but the sensor rotor 12 in a fixed pitch.

[0043] In addition, in the above 1st - the 4th example, the 1st GMR elements 26a and 54a - the 4th GMR elements 26d and 54d are equivalent to the magnetic sensing element indicated to the claim.

[0044]

[Effect of the Invention] According to invention a claim 1 and given in two, the output signal of a field indicator can be increased like ****.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the rotational frequency sensor which is one example of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram of the field indicator with which the rotational frequency sensor of this example is equipped.

[Drawing 3] It is drawing showing the relation of the magnetic field and resistance which act in parallel with the film of a GMR thin film.

[Drawing 4] It is the circuit diagram of the GMR element bridge with which the field indicator of this example is equipped.

[Drawing 5] It is drawing (the 1) showing signs that the magnetic field which acts on a GMR element bridge according to rotation of a sensor rotor changes.

[Drawing 6] It is drawing (the 2) showing signs that the magnetic field which acts on a GMR element bridge according to rotation of a sensor rotor changes.

[Drawing 7] It is drawing (the 3) showing signs that the magnetic field which acts on a GMR element bridge according to rotation of a sensor rotor changes.

[Drawing 8] It is drawing (the 4) showing signs that the magnetic field which acts on a GMR element bridge according to rotation of a sensor rotor changes.

[Drawing 9] It is drawing showing the relation of the resistance of each GMR element to the rotation phase angle of the sensor rotor in the rotational frequency sensor of this example, and the output voltage of a field indicator.

[Drawing 10] It is the block diagram of the field indicator with which the rotational frequency sensor of the 2nd example of this invention is equipped.

[Drawing 11] It is drawing showing the relation of the resistance of each GMR element to the rotation phase angle of the sensor rotor in the rotational frequency sensor of this example, and the output voltage of a field indicator.

[Description of Notations]

12 Sensor Rotor

16 50 Field indicator

20 Bias Magnet

26 54 GMR element bridge

26a, 54a The 1st GMR element

26a, 54b The 2nd GMR element

26c, 54c The 3rd GMR element

26d, 54d The 4th GMR element

[Translation done.]

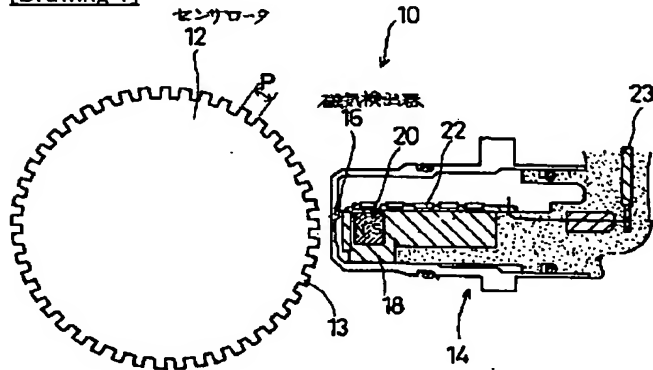
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

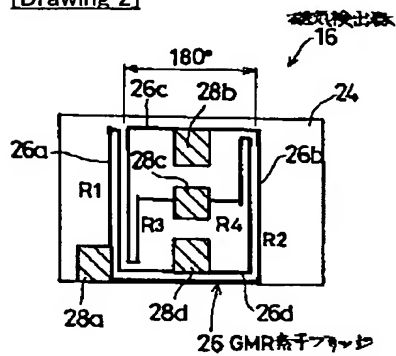
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

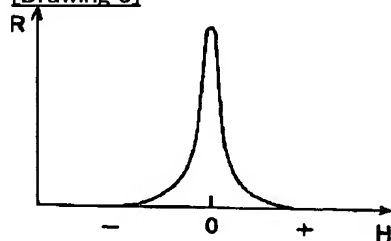
[Drawing 1]



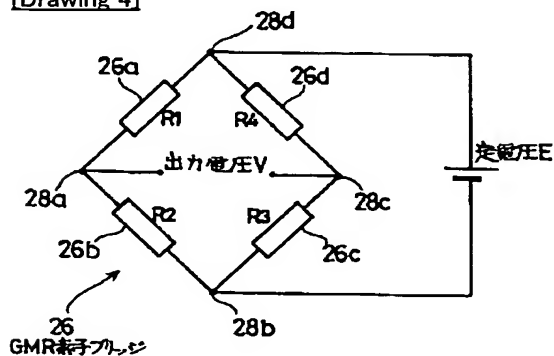
[Drawing 2]



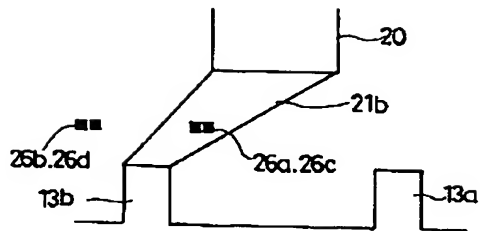
[Drawing 3]



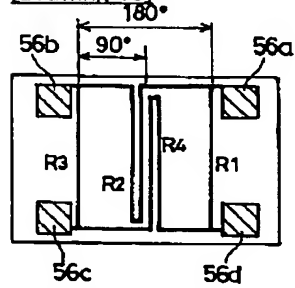
[Drawing 4]



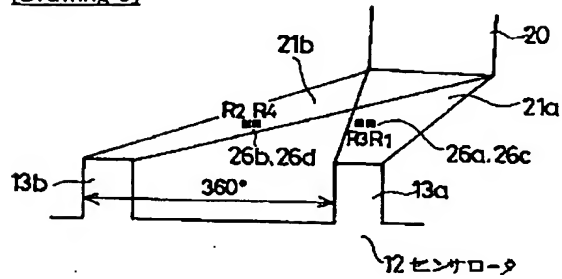
[Drawing 8]



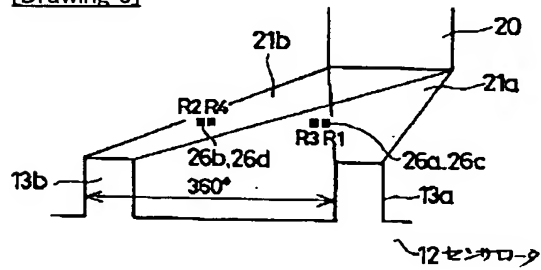
[Drawing 10]



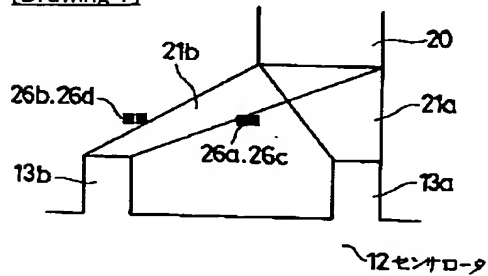
[Drawing 5]



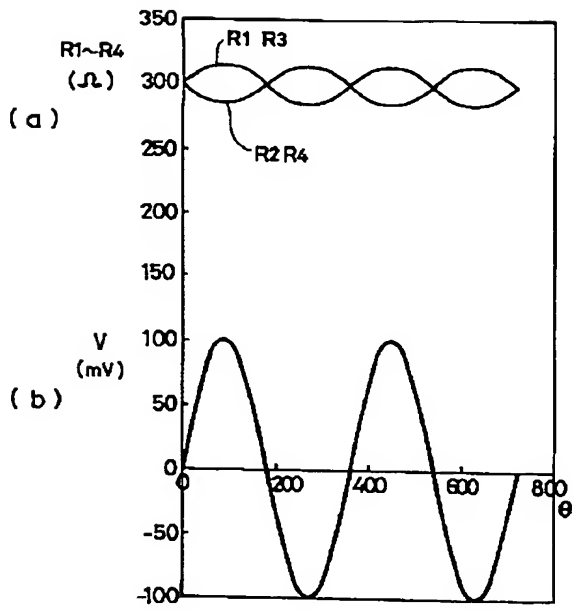
[Drawing 6]



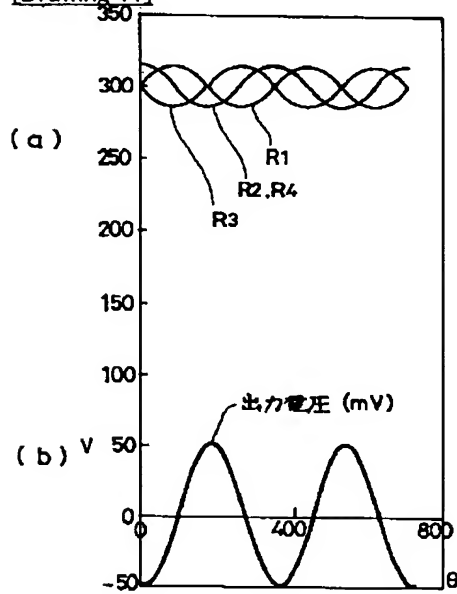
[Drawing 7]



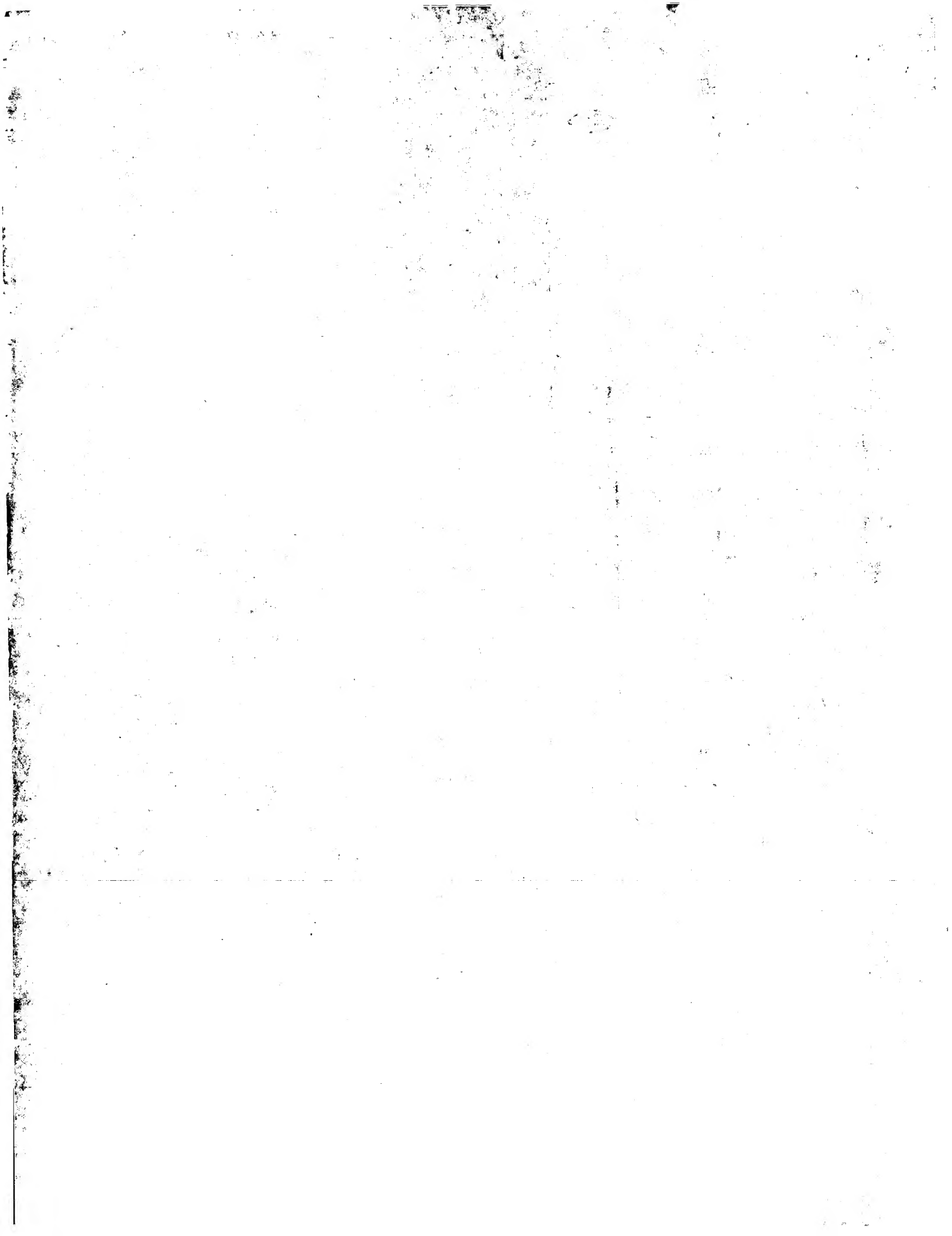
[Drawing 9]



[Drawing 11]



[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-51694

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 D 5/245

識別記号

1 0 2

G 0 1 P 3/488

F I

G 0 1 D 5/245

R

1 0 2 D

G 0 1 P 3/488

C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-212038

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月6日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 村田 高人

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

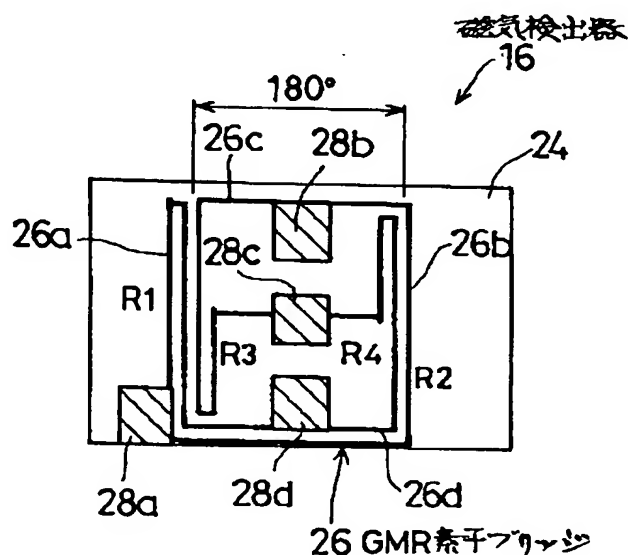
(74) 代理人 弁理士 伊東 忠彦

(54) 【発明の名称】 回転数センサ

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、GMR素子よりなるブリッジ回路を有する磁気検出器を備える回転数センサに関し、センサの高出力化を図ることを目的とする。

【解決手段】 磁気検出器16は、絶縁基板24を備え、その表面にGMR素子ブリッジ26が形成されている。GMR素子ブリッジ26は、ブリッジ回路を構成する第1 GMR素子26a～第4 GMR素子26dよりなる。ブリッジ回路において互いに対向する第1 GMR素子26aと第3 GMR素子26cの対、及び、第2 GMR素子26bと第4 GMR素子26dの対は、それぞれ、センサロータ12の回転方向に関して同位置に配置され、各対の間はセンサロータ12の歯部13のピッチの半分に相当する距離だけ離間されている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 作用する磁界の変化に応じた抵抗変化を示す磁気検出素子によりブリッジ回路を構成してなる磁気検出器と、磁界を発生させるマグネットと、回転体に同期して回転し、その回転角に対して前記磁気検出器に作用する磁界を所定の周期で変化させるセンサロータとを備える回転数センサにおいて、前記ブリッジ回路の互いに対向する磁気検出素子の一方の対を、前記センサロータの回転方向に関して同位置に配置したことを特徴とする回転数センサ。

【請求項 2】 請求項 1 記載の回転数センサにおいて、磁気検出素子の他方の対を前記センサロータの回転方向に関して同位置に、かつ、前記一方の対から、前記センサロータの回転方向に前記所定の周期の半分に相当する距離だけ離間させて配置したことを特徴とする回転数センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、回転数センサに係り、特に、センサロータの回転に伴う磁界の変化を検出する磁気検出素子を備える磁気式回転数センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、例えば特願平 6 0 - 2 5 4 4 6 6 号に開示される磁気式回転数センサが公知である。この回転数センサは、センサロータと、磁気検出器と、マグネットとを備えている。磁気検出器は、センサロータの外周面と対向するように配設されている。マグネットは、磁気検出器を隔ててセンサロータの外周面に対向するように配設されている。また、センサロータの外周面には、周方向に一定のピッチで形成された歯部が設けられている。従って、センサロータが回転すると、磁気検出器がセンサロータの歯部に対向した状態と、磁気検出器が歯部に対向しない状態とが交互に形成されることで、磁気検出器に作用する磁界の大きさがセンサロータの回転に応じて変化する。

【0003】 上記従来の磁気式回転数センサにおいて、磁気検出器は、4つの磁気抵抗素子より構成されたブリッジ回路を有している。磁気抵抗素子は、センサロータの回転方向において所定の間隔で配置されている。従って、センサロータの回転に応じて磁気検出器に作用する磁界が変化すると、ブリッジ回路を構成する各磁気抵抗素子の抵抗値が変化し、その抵抗変化に応じてブリッジ回路の出力電圧が変化する。従って、上記従来の磁気式回転数センサによれば、ブリッジ回路の出力電圧に基づいてセンサロータの回転数を検出することができる。

【0004】 ところで、磁気抵抗素子は、その抵抗値が温度に依存して変化する性質を有している。これに対して、上記従来の磁気式回転数センサにおいては、磁気抵抗素子によりブリッジ回路が構成されているため、各磁

2

気抵抗素子の抵抗値が温度変化に応じて一定の割合で変化した場合、その出力電圧は変化しない。このように、上記従来の磁気式回転数センサは、磁気抵抗素子によりブリッジ回路を構成することで、温度変化に依存した磁気抵抗素子の抵抗変化を補償し得るものとなっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来の磁気式回転数センサにおいて、センサロータの回転数を高精度に検出するには、ブリッジ回路の出力電圧が大きい方が望ましい。ブリッジ回路の出力電圧は、各磁気抵抗素子の抵抗変化の位相関係に応じて変化する。従って、センサの高出力化を図るためには、磁気抵抗素子の配置を適切に設定することが必要である。しかしながら、上記従来の回転数センサにおいて、センサの高出力化を図ることについては何ら考慮されていない。

【0006】 本発明は上述の点に鑑みてなされたものであり、大きな出力信号を得ることが可能な回転数センサを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の目的は、請求項 1 に記載する如く、作用する磁界の変化に応じた抵抗変化を示す磁気検出素子によりブリッジ回路を構成してなる磁気検出器と、磁界を発生させるマグネットと、回転体に同期して回転し、その回転角に対して前記磁気検出器に作用する磁界を所定の周期で変化させるセンサロータとを備える回転数センサにおいて、前記ブリッジ回路の互いに対向する磁気検出素子の一方の対を、前記センサロータの回転方向に関して同位置に配置した回転数センサにより達成される。

【0008】 本発明において、ブリッジ回路において互いに対向する磁気検出素子の一方の組は、センサロータの回転方向に関して同位置に配置される。従って、磁気検出素子の一方の対に作用する磁界は互いに同位相で変化する。磁気検出素子の抵抗値は作用する磁界に応じて変化する。従って、磁気検出素子の一方の対の抵抗値 r_1 、 r_2 は、互いに同位相で変化する。一般に、ブリッジ回路において、対向する素子の抵抗値が共に増大すると、出力端子の一方の電位が低下し、他方の電位は上昇する。従って、本発明によれば、互いに対向する磁気検出素子の抵抗値 r_1 、 r_2 が同位相で変化することで、ブリッジ回路から大きな出力電圧が出力される。

【0009】 また、上記の目的は、請求項 2 に記載する如く、請求項 1 記載の回転数センサにおいて、磁気検出素子の他方の対を前記センサロータの回転方向に関して同位置に、かつ、前記一方の対から、前記センサロータの回転方向に前記所定の周期の半分に相当する距離だけ離間させて配置した回転数センサによってより効果的に達成される。

【0010】 本発明において、磁気検出素子の他方の対を前記センサロータの回転方向に関して同位置に、か

つ、前記一方の対から、前記センサロータの回転方向に前記所定の周期の半分に相当する距離だけ離間させて配置される。従って、互いに対向する磁気検出素子の他方の対の抵抗値 r_3 、 r_4 は互いに同位相に、かつ、他方の対の抵抗値 r_1 、 r_2 とは逆位相で変化する。このため、本発明によれば、ブリッジ回路の出力電圧は更に増大する。

【0011】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施例である回転数センサ10の構成図である。図1に示す如く、回転数センサ10は、センサロータ12を備えている。センサロータ12は軟磁性材料より構成された円盤状の部材である。センサロータ12の外周には、歯部13が所定のピッチPで形成されている。

【0012】回転数センサ10は、また、検出部14を備えている。検出部14は、磁気検出器16を備えている。磁気検出器16は、保持ブロック18の端面に取り付けられている。後述する如く、磁気検出器16は、絶縁基板上にGMR薄膜が所定のパターンにパターンニングされて構成されている。検出部14は、磁気検出器16が、センサロータ12の外周面と所定の隙間を隔てて対向するように配設されている。なお、センサロータ12の厚さは、磁気検出器16の図1における紙面垂直方向の幅よりも大きくなるように設けられている。従って、磁気検出器16は、その全面において、センサロータ12の外周面と対向している。

【0013】検出部14は、更に、バイアスマグネット20を備えている。バイアスマグネット20は、磁気検出器16を隔ててセンサロータ12の外周面と対向するように、保持ブロック18の内部に取り付けられている。なお、後述する如く、バイアスマグネット20は、磁気検出器16の中心位置から所定量だけセンサロータ12の回転方向にオフセットするように配置されている。バイアスマグネット20は、センサロータ12に近い側がN極、センサロータ12から遠い側がS極となるように、又は、その逆向きに分極されている。

【0014】保持ブロック18の図1中上面には、信号処理回路22が装着されている。信号処理回路22は、磁気検出器16から出力される信号に所定の信号処理を施し、その結果をコネクタ23からセンサ出力信号として出力する。次に、図2を参照して、磁気検出器16の構成について説明する。図2は、磁気検出器16の構成図である。なお、磁気検出器16は、図2における左右方向がセンサロータ12の接線方向に一致するように設置される。図2に示す如く、磁気検出器16は、矩形状に形成された絶縁基板24を備えている。絶縁基板24の表面には、GMR素子ブリッジ26が形成されている。GMR素子ブリッジ26は、絶縁基板24の表面に成膜されたGMR薄膜をフォトリソグラフィによりパターンニングすることにより形成されている。

【0015】GMR薄膜は、強磁性層と非磁性層とを交互に積層してなる薄膜である。この強磁性層及び非磁性層を構成する材料の組み合わせとして、例えば、コバルト(Co)/銅(Cu)や、クロム(Cr)/鉄(Fe)等の組み合わせを用いることができる。かかる構成のGMR薄膜は、その表面に対して平行に作用する磁界の大きさ(以下、磁界の水平成分と称す)に応じて、その抵抗値が大きく変化する特性を有している。図3はGMR薄膜に作用する磁界Hと、GMR薄膜の単位面積当たりの抵抗値Rとの関係を例示している。図3に示す如く、GMR薄膜の単位面積当たりの抵抗値Rは、磁界Hの絶対値の増加に応じて減少する。なお、GMR薄膜の抵抗値は、その表面に平行な面内の磁界の向きには依存しない。

【0016】GMR素子ブリッジ26が、かかる特性を有するGMR薄膜から構成されていることで、GMR素子ブリッジ26の抵抗変化に基づいて、磁気検出器16に作用する磁界を検出することができる。再び図2を参照するに、GMR素子ブリッジ26は、細い帯状のパターンに形成された第1GMR素子26a～第2GMR素子26dの4つのGMR素子と、4つの電極28a～28dとを備えている。電極28aは絶縁基板24の図2における左下端部に設けられている。また、電極28b～28dは、電極28aの図2における右方に所定距離隔てた位置に、図中上下方向に配列されている。

【0017】第1GMR素子26aは、電極28aから上向きに延び、絶縁基板24の上端部で下向きに折り返し、下端部近傍において右方へ屈曲して電極28dに達している。第4GMR素子26dは電極28dから右方へ延びた後、上向きに屈曲し、絶縁基板24の上端部近傍で下向きに折り返した後、左方へ屈曲して電極28cに達している。

【0018】第3GMR素子26cは、電極28cから左方へ延びた後、第1GMR素子26aに隣接する位置で下向きに屈曲し、絶縁基板24の下端部近傍で上向きに折り返し、更に、絶縁基板24の上端部近傍で右方に屈曲して電極28bに達している。第2GMR素子26bは、電極28bから右方へ延びた後、第4GMR素子26dを越えて隣接する位置で下向きに屈曲し、絶縁基板24の下端部に達した後、左方へ屈曲して電極28aに達している。

【0019】上述の如く、第1GMR素子26aと第3GMR素子26c、及び、第2GMR素子26bと第4GMR素子26dは、それぞれ、互いに隣接して配置されている。また、第2GMR素子26b及び第4GMR素子26dは、第1GMR素子26a及び第3GMR素子26cから、図2における右方に、センサロータ12の歯部13のピッチPの半分に相当する距離だけ離間した位置に配置されている。

【0020】第1GMR素子26a～第4GMR素子2

6 d、及び、電極 28 a～28 d が上述の如く形成されていることで、第 1 GMR 素子 26 a、第 4 GMR 素子 26 d、第 3 GMR 素子 26 c、及び、第 2 GMR 素子 26 b は、この順で、それぞれ、電極 28 d、28 b、28 b、28 a を介して互いに接続され、ブリッジ回路を構成している。なお、以下、第 1 GMR 素子 26 a の抵抗値を R1 で、第 2 GMR 素子 26 b の抵抗値を R2 で、第 3 GMR 素子 26 c の抵抗値を R3 で、第 4 GMR 素子 26 d の抵抗値を R4 で、それぞれ表すものとする。なお、第 1 GMR 素子 26 a～第 4 GMR 素子 26 d は磁界が作用しない状態で、抵抗値 R1～R4 が互い

$$V = E \cdot \{ R2 / (R1 + R2) - R3 / (R3 + R4) \} \quad (1)$$

式 (1) からわかるように、互いに対向する素子の抵抗値 R1 及び R3 (又は R2 及び R4) を同位相で変化させると、右辺の一方の項が増加した際に他方の項が減少することで、出力電圧 V の振幅を増大させることができる。ところで、上述の如く、磁気検出器 16 は図 2 における左右方向がセンサロータ 12 の接線方向、すなわち、回転方向に一致するように配置される。従って、第 1 GMR 素子 26 a～第 4 GMR 素子 26 d は、その主

要部がセンサロータ 12 の回転方向に対して垂直に配置されることになる。このため、センサロータ 12 が回転すると、その歯部 13 は、第 1 GMR 素子 26 a～第 4 GMR 素子 26 d の正面を横切るように移動し、これに伴って、第 1 GMR 素子 26 a～第 4 GMR 素子 26 d に作用する磁界が変化する。

【0023】以下、図 5 乃至図 8 を参照して、センサロータ 12 の回転角に応じた、GMR 素子 26 に作用する磁界の変化について説明する。なお、以下の記載において、センサロータ 12 の回転角を、センサロータ 12 が

歯部 13 のピッチ P に相当する角度だけ回転した場合を 360° とする位相角で表すものとし、位相角で表したセンサロータ 12 の回転角を、センサロータ 12 の回転位相角 θ と称する。

【0024】図 5 乃至図 8 に示す如く、バイアスマグネット 20 が発する磁束はセンサロータ 12 の歯部 13 に導かれる。これらの図に示す如く、バイアスマグネット 20 は、GMR センサブリッジ 26 の中心、すなわち、第 1 GMR センサ素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c からセンサロータ 12 の回転方向にオフセットするように配置されている。このため、図 5 に示す状態では、バイアスマグネット 20 から歯部 13 に導かれる磁束 21 b は第 2 GMR 素子 26 b 及び第 4 GMR 素子 26 d を通過し、バイアスマグネット 20 から歯部 13 a に導かれる磁束 21 a は、第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c を通過している。なお、図 5 に示すセンサロータ 12 の回転位置において、第 2 GMR 素子 26 b 及び第 4 GMR 素子 26 d に作用する磁界の水平成分と、第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c に作用する磁界の水平成分は等しいものとし、以下、この

に等しくなるように構成されている。

【0021】図 4 は、GMR 素子ブリッジ 26 が構成するブリッジ回路の回路図を示す。図 4 に示す如く、互いに対向する電極パッドの組 28 b、28 d の間に定電圧 E が付与され、電極パッドの他方の組 28 a、28 c の間の電位差 V が、磁気検出器 16 の出力電圧として、信号処理回路 22 へ向けて出力される。出力電圧 V は、抵抗値 R1～R4、及び定電圧 E により次式で表すことができる。

【0022】

回転位置を基準位置と称す。従って、図 5 に示す基準位置において、第 1 GMR 素子 26 a～第 4 GMR 素子 26 d の抵抗値 R1～R4 は互いに等しい。

【0025】図 5 に示す基準位置から、センサロータ 12 が図中右向きに位相角 90° だけ回転すると、図 6 に示す如く、磁束 21 b の中心部が第 2 GMR 素子 26 b 及び第 4 GMR 素子 26 d を通過し、磁束 21 a は第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c を通過しない状態が形成される。この状態では、第 2 GMR 素子 26 b 及び第 4 GMR 素子 26 d に作用する磁界の水平成分が最大となることで、これらの抵抗値 R2、R4 は最小となり、その一方、第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c に作用する磁界の水平成分は最小 (ほぼゼロ) になることで、これらの抵抗値 R1、R3 は最大となる。

【0026】図 6 に示す状態から、更に、センサロータ 12 が図中右向きに位相角 90° だけ回転すると、すなわち、基準位置から位相角 135° だけ回転すると、図 7 に示す如く、磁束 21 b の周辺部が第 2 GMR 素子 26 b 及び第 4 GMR 素子 26 d と、第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c とに均等に作用するようになる。この状態では、第 2 GMR 素子 26 b 及び第 4 GMR 素子 26 d に作用する磁界の水平成分と、第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c に作用する磁界の水平成分とは互いに等しく、従って、抵抗値 R1～R4 は互いに等しい。

【0027】図 7 に示す状態から、更に、センサロータ 12 が図中右向きに位相角 90° だけ回転すると、すなわち、図 6 に示す状態から位相角 180° だけ回転すると、図 8 に示す状態となる。上述の如く、第 2 GMR 素子 26 b 及び第 4 GMR 素子 26 d と、第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c とが、センサロータ 12 の歯部 13 のピッチ P の半分だけ離間する位置に配置されている。このため、図 8 に示す状態では、図 6 に示す状態とは逆に、第 1 GMR 素子 26 a 及び第 3 GMR 素子 26 c に作用する磁界の水平成分は最大となる一方、第 2 GMR 素子 26 b 及び第 3 GMR 素子 26 d に作用する磁界の水平成分は最小となる。従って、抵抗値

R2、R4は最大となり、抵抗値R1、R3は最小となる。

【0028】そして、図8に示す状態から、更に、センサロータ12が図中右向きに位相角45°だけ回転すると、再び図5と同様の状態が形成され、抵抗値R1～R4は互いに等しくなる。このように、第1GMR素子26a～第4GMR素子26dの抵抗値R1～R4は、センサロータ12に伴って周期的に増減を繰り返すことになる。図9は、センサロータ12の回転角位相角θに対する、(a)抵抗値R1～R4、及び、(b)上記

(1)式より求められた出力電圧Vの関係を示す。なお、図9において、抵抗値R1～R4の変化率は最大10%であるものとし、出力電圧Vは、GMR素子ブリッジ26に供給される定電圧Eが2Vである場合の値を示している。

【0029】図9に示す如く、抵抗値R1、R3と、抵抗値R2、R4とは、互いに位相が180°ずれた状態で、センサロータ12の回転位相角θに対して360°の周期で変化している。かかるR1～R4の変化に応じて、出力電圧Vは図9(b)に示す如く、センサロータ12の回転位相角θに対して360°周期で変化し、その振幅は約200mV_{pp}となっている。従って、この出力電圧Vを、信号処理回路22によって、例えば、2値化してパルス信号に変換し、そのパルス数を計数することで、センサロータ12の回転数を検出することができる。

【0030】上述の如く、本実施例においては、互いに対向する第1GMR素子26aと第3GMR素子26cの抵抗値R1、R3、及び、第2GMR素子26bと第4GMR素子26dの抵抗値R2、R4がそれぞれ同位相で変化することで、上記(1)式を参照して説明したように、大きな振幅の出力電圧Vを得ることが可能となっている。更に、抵抗値R2と抵抗値R3が互いに逆位相で変化することによっても(1)式左辺の各項の差が増大し、出力電圧Vの一層の増大が実現されている。

【0031】このように、本実施例においては、ブリッジ回路において互いに対向する第1GMR素子26a及び第3GMR素子26cの組と、第2GMR素子26b及び第4GMR素子26dの組とがセンサロータ12の歯部13のピッチPの半分に相当する距離だけ離間されていることで、磁気検出器16の高出力化が図られている。従って、本実施例の回転数センサ10によれば、磁気検出器16の出力信号を処理する信号処理回路22の簡素化を図ることが可能となり、システムの低コスト化を実現することができる。

【0032】なお、上述の如く、第1GMR素子26a～第4GMR素子26dは磁界が作用しない状態で、抵抗値R1～R4が互いに等しくなるように構成されていることで、磁気検出器16に磁界が作用しない状態での、出力電圧Vのオフセットは小さく抑制されている。

ところで、一般に、GMR薄膜の抵抗値は、温度変化に応じた割合で変化する。すなわち、ある基準温度でのGMR薄膜の抵抗値をRとすると、この基準温度からΔtだけ上昇した場合の抵抗値R_tは、

$$R_t = (1 + \alpha \cdot \Delta t) \cdot R \quad (2)$$

で表される。ここで、αはGMR薄膜の抵抗値の温度変化係数である。

【0033】従って、GMR素子26の温度がΔtだけ上昇した場合、抵抗値R1～R4は、それぞれ(1+α・Δt)倍に変化することになる。しかしながら、式

(1)からわかるように、磁気検出器16の出力電圧Vは、抵抗値R1～R4の比として表される。このため、第1GMR素子26a～第2GMR素子26dに同一の温度変化が生じた場合、抵抗値R1～R4が等しい割合で変化することで、出力電圧Vに変化は生じない。このように、本実施例においては、第1GMR素子26a～第4GMR素子26dがブリッジ回路を構成していることにより、抵抗値R1～R4の温度に依存した変化が補償されている。

【0034】なお、本実施例においては、第1GMR素子26a～第4GMR素子26dの接続部に電極パッド28a～28dを配置することのみで、上記ブリッジ回路が実現されており、配線部を別途設けることは不要である。このため、磁気検出器16を多層配線により構成する必要がなく、磁気検出器16の製造コストを低減することが可能となっている。また、多層配線が不要とされることで、磁気検出器16の表面に保護膜を形成し、電極28a～28dに対応する部位にコンタクトホールを設けることで、GMRブリッジ26への電氣的接続を、例えば、フェースダウン実装等により容易に行なうことが可能とされている。

【0035】次に、本発明の第2実施例について説明する。本実施例の回転数センサは、上記第1実施例の回転数センサ10において、磁気検出器16に代えて磁気検出器50を用いることで実現される。図10は、本実施例の回転数センサが備える磁気検出器50の構成図である。本実施例の磁気検出器50は、上記第1実施例の磁気検出器16と同様に、絶縁基板52と、絶縁基板52の表面に形成されたGMR素子ブリッジ54とを備えている。GMR素子ブリッジ54は、第1～第4GMR素子54a～54dと、電極56a～56dとより構成されている。なお、本実施例においても、磁気検出器50は、図10における左右方向がセンサロータ12の回転方向に一致するように設置される。

【0036】電極56a～56dは、それぞれ、絶縁基板52の右上隅、左上隅、左下隅、及び右下隅に設けられている。第1GMR素子54aは、図10における上下方向に延在し、電極56aと電極56dとを接続している。また、第3GMR素子54cは、第1GMR素子54aから図中左方にピッチPの半分(位相角180

°) に相当する距離だけ離間した位置を、図 10 における上下方向に延在し、電極 56b と電極 56c とを接続している。

【0037】第 2 GMR 素子 54b は電極 56a から図中左方に延び、第 1 GMR 素子 56a からピッチ P の 4 分の 1 (位相角 90°) に相当する距離だけ離間した位置で、屈曲して下方に延び、絶縁基板 52 の下端部近傍で折り返して上方に延びた後、左方へ屈曲して電極 56b に達している。第 4 GMR 素子 54d は、電極 56d から図中左方に延び、第 1 GMR 素子 56a からピッチ P の 4 分の 1 (位相角 90°) に相当する距離だけ離間した位置で屈曲して、第 2 GMR 素子 54b に隣接しながら上方に延び、絶縁基板 52 の上端部近傍で折り返して下方に延びた後、左方へ屈曲して電極 56c に達している。本実施例においても、第 1 GMR 素子 54a ~ 第 4 GMR 素子 54d の抵抗値をそれぞれ R1 ~ R4 とすると、図 4 と同様のブリッジ回路が構成されており、電極 56d、56b 間に定電圧 E を付与することで、電極 56a、56c 間の電位差が、磁気検出素子 50 の出力電圧 V として出力される。

【0038】上述の如く、本実施例においては、第 2 GMR 素子 54b 及び第 4 GMR 素子 54c がセンサロータ 12 の回転方向に関して同位置に配置されている。このため、センサロータ 12 の回転に伴って、第 2 GMR 素子 54b 及び第 4 GMR 素子 54d に作用する磁界の水平成分は同位相で変化する。一方、第 1 GMR 素子 54a 及び第 3 GMR 素子 54c は、第 2 GMR 素子 54b 及び第 4 GMR 素子 54d に対して、それぞれ、図 10 における左右両側に、位相距離 90° だけ離間して配置されている。従って、センサロータ 12 が、例えば、図 10 における左側から右側へ回転した場合、第 1 GMR 素子 54a に作用する磁界の水平成分は、第 2 GMR 素子 54b 及び第 4 GMR 素子 54d に作用する磁界の水平成分に対して位相が 90° 遅れた状態で変化する。第 3 GMR 素子 54c に作用する磁界の水平成分は、第 2 GMR 素子 54b 及び第 4 GMR 素子 54d に作用する磁界の水平成分に対して位相が 90° 進んだ状態で変化する。

【0039】図 11 は、本実施例における、センサロータ 12 の回転位相角に対する、(a) 抵抗値 R1 ~ R4、及び、(b) 出力電圧 V の関係を、図 9 と同一条件の場合について示している。第 1 GMR 素子 54a ~ 第 4 GMR 素子 54d に作用する磁界が上述の如き位相関係で変化するのに伴って、図 11 (a) に示す如く、抵抗値 R2 及び R4 は同位相で変化する。抵抗値 R1 は、抵抗値 R2、R4 に対して位相が 90° 遅れた状態で、また、抵抗値 R3 は、抵抗値 R2、R4 に対し位相が 90° 進んだ状態でそれぞれ変化する。そして、かかる抵抗値の変化に応じて、出力電圧 V は図 11 (b) に示す如く、センサロータ 12 の位相回転角 θ に対して 360° 周期で、約 120 mV_{pp} の振幅で変化している。

0° 周期で、約 120 mV_{pp} の振幅で変化している。

【0040】上述の如く、一般に、ブリッジ回路の出力電圧を増大させるうえで、互いに対向する素子の抵抗値を同位相で変化させることが望ましい。本実施例によれば、互いに対向する第 2 GMR 素子 54b 及び第 4 GMR 素子 54d の抵抗値 R2、R4 が同位相で変化することで、出力電圧 V の向上が図られていることになる。本実施例においては、GMR 素子ブリッジ 54 のパターンは上記第 1 実施例の GMR 素子ブリッジ 26 のパターンと比較して対称性に富んだものとなっている。このため、GMR 素子ブリッジ 54 を構成する第 1 GMR 素子 54a ~ 54d の抵抗値のバランスを良好に設定することは容易であり、オフセットの小さい良好な出力電圧 V を得ることができる。

【0041】また、本実施例の回転数センサにおいても、上記第 1 実施例の回転数センサ 10 と同様に、第 1 GMR 素子 54a ~ 第 4 GMR 素子 54d の間に電極 56a ~ 56d を設けることで、上記ブリッジ回路が実現されている。すなわち、本実施例においても、多層配線を行なうことは不要であり、保護膜及びコンタクトホールを形成することにより、磁気検出器 50 に対する電気的接続を簡易に行なうことが可能とされている。

【0042】なお、上記第 1 及び第 2 実施例においては、磁気検出器 16、50 の背部にバイアスマグネット 20 を配置し、センサロータ 12 を軟磁性材料より構成することで、センサロータ 20 の回転に応じて、磁気検出器 16、50 に作用する磁界を変化させることとしたが、かかる構成に限らず、センサロータ 12 の外周部にマグネットを一定のピッチで設けることとしてもよい。

【0043】なお、上記第 1 ~ 第 4 実施例においては、第 1 GMR 素子 26a、54a ~ 第 4 GMR 素子 26d、54d が請求項に記載した磁気検出素子に相当している。

【0044】

【発明の効果】上述の如く、請求項 1 及び 2 記載の発明によれば、磁気検出器の出力信号を増大させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例である回転数センサの構成図である。

【図 2】本実施例の回転数センサが備える磁気検出器の構成図である。

【図 3】GMR 薄膜の、膜に平行に作用する磁界と抵抗値との関係を示す図である。

【図 4】本実施例の磁気検出器が備える GMR 素子ブリッジの回路図である。

【図 5】センサロータの回転に応じて GMR 素子ブリッジに作用する磁界が変化する様子を示す図 (その 1) である。

【図 6】センサロータの回転に応じて GMR 素子ブリッ

ジに作用する磁界が変化する様子を示す図（その2）である。

【図7】センサロータの回転に応じてGMR素子ブリッジに作用する磁界が変化する様子を示す図（その3）である。

【図8】センサロータの回転に応じてGMR素子ブリッジに作用する磁界が変化する様子を示す図（その4）である。

【図9】本実施例の回転数センサにおける、センサロータの回転位相角に対する各GMR素子の抵抗値、及び、磁気検出器の出力電圧の関係を示す図である。

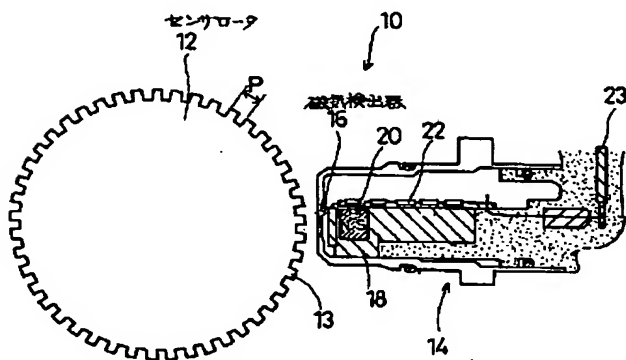
【図10】本発明の第2実施例の回転数センサが備える磁気検出器の構成図である。

【図11】本実施例の回転数センサにおける、センサロータの回転位相角に対する各GMR素子の抵抗値、及び、磁気検出器の出力電圧の関係を示す図である。

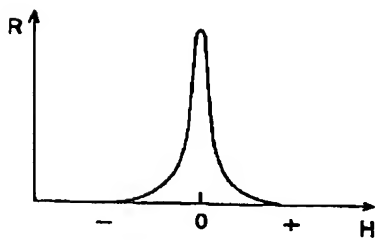
【符号の説明】

- 12 センサロータ
- 16、50 磁気検出器
- 20 バイアスマグネット
- 26、54 GMR素子ブリッジ
- 26a、54a 第1GMR素子
- 26a、54b 第2GMR素子
- 26c、54c 第3GMR素子
- 26d、54d 第4GMR素子

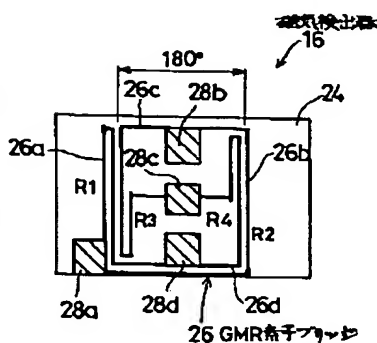
【図1】



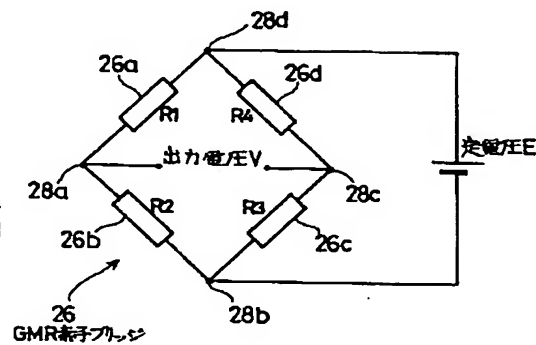
【図3】



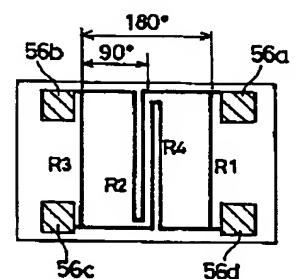
【図2】



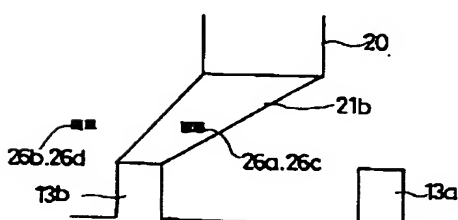
【図4】



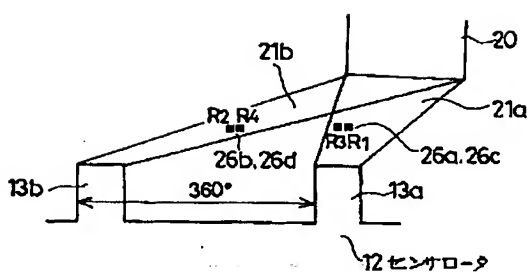
【図10】



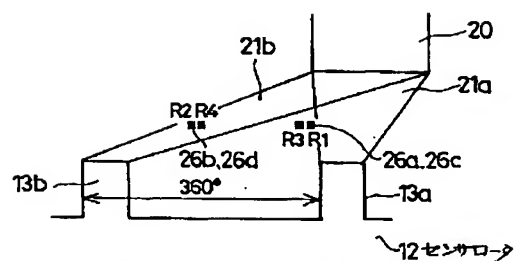
【図8】



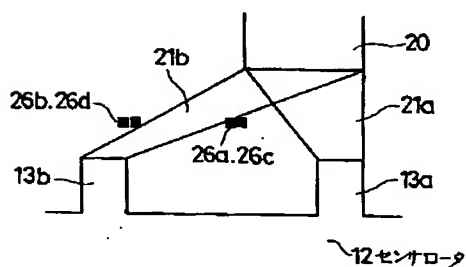
【図 5】



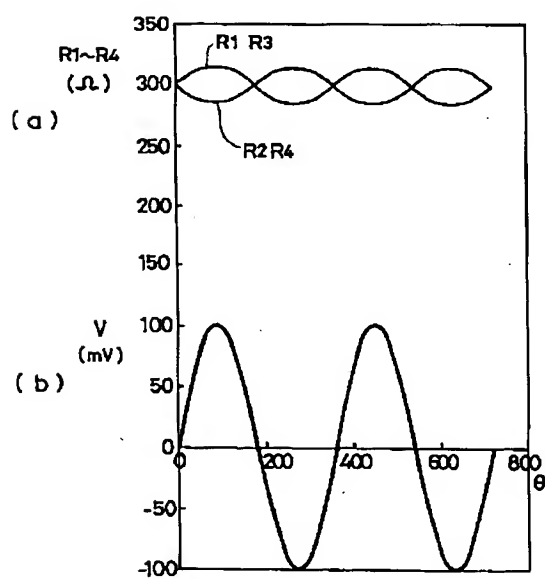
【図 6】



【図 7】



【図 9】



【図 11】

